



MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Direzione Generale per la Crescita Sostenibile e la qualità dello Sviluppo
Divisione V - Sistemi di Valutazione Ambientale



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di
BRINDISI

San Pancrazio Salentino
27324 kWp



Progettazione e coordinamento	dott. arch. Roberto CARLUCCIO via Nino Bixio 60/b 72023 Mesagne (BR) - Italy	 via Napoli n° 363/0771 70132 Bari - Italy	Prog. impianto fotovoltaico
Studio Geologico	dott. geol. Luisiana SERRAVALLE via Puglie n° 1 72027 S. Pietro Vernotico (BR) - Italy	 3E Ingegneria srl via G. Volpe n° 92 56121 Pisa - Italy	Prog. Cavidotto e sottostazione
Studio Agronomico	dott. Alessandro COLUCCI via Monte Sarago n° 3 72017 Ostuni (BR) - Italy	RUWA srl acqua territorio energia via C. Pisacane n° 25F 88100 Catanzaro - Italy	Studio idraulico

Opera	Progetto di un impianto fotovoltaico di 27324 kWp (25500 kW in immissione) nel comune di San Pancrazio Salentino (BR)			
Oggetto	Folder	A		
	Nome elaborato	San Pancrazio Salentino_DOC_A03		
Revisione	Descrizione elaborato	Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici		Scala
	05/07/2021	Oggetto revisione Emissione	Elaborazione	Verifica
	00/00/2021	Oggetto revisione		
	00/00/2021	Oggetto revisione		
Codice Pratica San Pancrazio Salentino				

INDICE

1. OGGETTO	1
2. DATI DI PROGETTO	1
3. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA	2
3.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica	2
3.2 Elementi costituenti l'impianto fotovoltaico.....	2
3.2.1 Moduli fotovoltaici	3
3.2.2 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter) e cabine elettriche.....	6
3.2.3 Layout impianto	9
4. OPERE CIVILI	10
4.1 Regimentazione delle acque meteoriche.....	10
4.2 Strutture portamoduli.....	10
4.3 Viabilità esterna	11
4.4 Esecuzione degli Scavi	11
4.5 Recinzione perimetrale e cancello	12
4.6 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio.....	12
4.7 Cavidotti	12
5. OPERE DI ELETTRIFICAZIONE.....	13
5.1 Elettrodotti MT	13
5.1.1 Cavi	14
5.1.2 Temperatura di posa	15
5.1.3 Prova di isolamento.....	15
5.1.4 Giunzioni e terminazioni MT	15
5.1.5 Tubazioni.....	15
5.2 Impianti di illuminazione e sicurezza	15
5.3 Cabina di smistamento	16
5.3.1 Descrizione delle apparecchiature MT.....	16
5.3.2 Protezione lato MT	16
5.3.3 Locale controllo e monitoraggio	17
6. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	17
6.1 Misure di protezione generale	17
6.2 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto.....	18
6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	18
6.4 Protezione dalle fulminazioni	18
6.5 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto.....	19
6.6 Impianto di messa a terra	19



1. OGGETTO

Il presente disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici è relativo al progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di circa 27,32 MWp, e delle relative opere connesse, in agro del comune di San Pancrazio Salentino (BR)

Dal punto di vista legislativo, la produzione e la vendita di energia fotovoltaica sono regolati da criteri di incentivazione in conto energia definiti dal Decreto Ministeriale 19 febbraio 2007, emesso dai Ministeri delle Attività Produttive e dell'Ambiente in attuazione del Decreto Legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003, quest'ultimo emanato in attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 387/2003 l'opera, rientrando negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale, è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente.

2. DATI DI PROGETTO

PERSONA FISICA/GIURIDICA	
Richiedente	METKA ENG
Sede legale	99 White Lion Street - Islington - London N1 9PF
SITO	
Ubicazione	San Pancrazio Salentino
Uso	Terreno agricolo – Seminativo
Dati catastali	San Pancrazio Salentino: porzione del foglio catastale 49
Disponibilità di superficie per moduli	Terreno seminativo, di area pari a circa 59 ettari
Inclinazione superficie	Inclinazione verso sud-est
Fenomeni di ombreggiamento	Assenza di ombreggiamenti rilevanti
Altitudine	56-64 m slm
Latitudine - Longitudine	40°23'21.2"N – 17°48'07.2"E (area baricentrica)
Dati relativi al vento	Circolare 4/7/1996
Carico neve	Circolare 4/7/1996
Condizioni ambientali speciali	NO
DATI TECNICI	
Potenza nominale dell'impianto	27,32 MWp
Range di tensione in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione	<1500 V
Tensione in corrente alternata in uscita al gruppo di conversione	<1000 V
Tipo di intervento richiesto:	
- Nuovo impianto	SI
- Trasformazione	NO
- Ampliamento	NO
Dati del collegamento elettrico	
- Descrizione della rete di collegamento	MT neutro isolato
- Tensione nominale (Un)	Trasporto 30.000 V
- Vincoli della Società Distributrice da rispettare	Normativa ENEL

Misura dell'energia	Contatore proprio e UTF sulla MT per la misura della produzione (eventualmente anche sulla BT)
Punto di Consegna	Stazione Elettrica di consegna nel Comune di Erchie (BR)

3. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA

3.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: 27,32 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 470 Wp;
- n. 10 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;
- n. 2 cabine di smistamento MT;
- rete elettrica interna a corrente continua e tensione 1500 V tra i moduli fotovoltaici, e tra questi e le cabine di conversione;
- rete elettrica interna a bassa tensione e corrente alternata per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc...).
- rete elettrica interna a 30 kV per il collegamento in entra-esce tra le cabine di trasformazione fino alle cabine di smistamento;
- rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico.

Nel complesso l'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico, conterà delle seguenti opere:

- installazione delle strutture metalliche e dei moduli fotovoltaici;
- installazione delle cabine di conversione e trasformazione e delle cabine di smistamento;
- realizzazione dei collegamenti elettrici di campo;
- realizzazione della viabilità interna.

3.2 Elementi costituenti l'impianto fotovoltaico

L'elemento cardine di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, è la cella fotovoltaica (di cui si compongono i moduli fotovoltaici), che grazie al materiale semiconduttore di cui è composta, trasforma l'energia luminosa derivante dal sole in corrente elettrica continua. Tale energia in corrente continua viene poi convertita in corrente alternata e può essere utilizzata direttamente dagli utenti, o immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale.

In generale, i componenti principali di un impianto fotovoltaico sono:

- i moduli fotovoltaici (costituiti dalle celle su descritte);
- i cavi elettrici di collegamento;

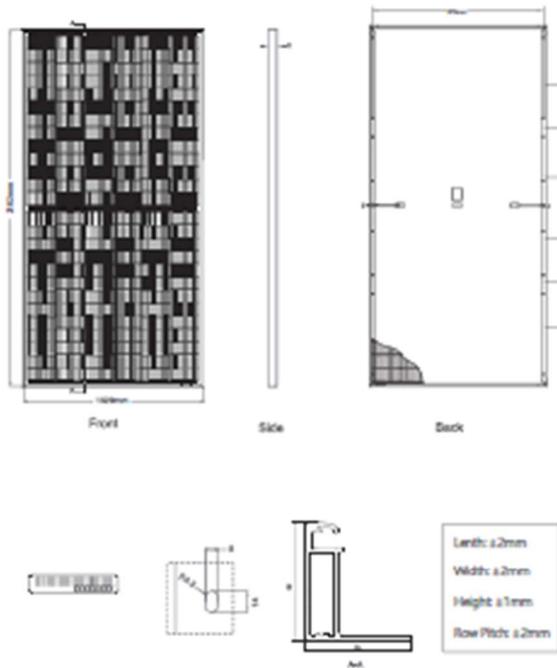
- gli inverter;
- i trasformatori BT/MT;
- i quadri di protezione e distribuzione in media tensione;
- gli elettrodotti in media tensione;
- i contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall'impianto;
- la cabina MT di smistamento.

Il progetto del presente impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici con struttura mobile ad inseguitore solare monoassiale, est-ovest. Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra $\pm 50^\circ/60^\circ$. Nella struttura ad inseguitore solare i moduli fotovoltaici sono fissati ad un telaio in acciaio, che ne forma il piano d'appoggio, a sua volta opportunamente incernierato ad un palo, anch'esso in acciaio, da infiggere direttamente nel terreno, ove il terreno risultasse idoneo. Questa tipologia di struttura eviterà l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, riducendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

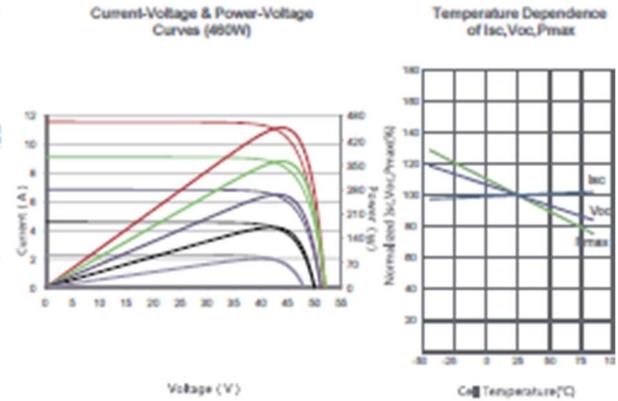
3.2.1 *Moduli fotovoltaici*

I moduli fotovoltaici che saranno installati avranno una potenza di picco di 470 Wp ciascuno e caratteristiche simili a quelle riportate nella seguente specifica tecnica:

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)
27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2182×1029×40mm (85.91×40.51×1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.54 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450M-7RL3		JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.86V	39.20V	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V
Maximum Power Current (Imp)	10.50A	8.54A	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.82V	49.01V	52.14V	49.21V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.48%		20.71%		20.93%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Figura 1: Scheda tecnica modulo fotovoltaico

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007 tutti i componenti dell'impianto, oltre ad essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

$$P_{ca} > 0.9P_{cc}$$

(quest'ultima condizione deve essere verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata).

Dove:

P_{cc} = Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;

P_{nom} = Potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I = Irraggiamento in W / m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

I_{stc} = $1000 W / m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

P_{ca} = Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$.

In particolare verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe; verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate a ridurre le perdite sul lato in corrente continua.

In generale verranno esaminate con i fornitori dei componenti tutte le caratteristiche dei componenti stessi che hanno impatto con il rendimento del sistema, verranno individuati tutti gli accorgimenti volti a migliorarlo e verranno adottate le misure conseguenti.

Va considerato poi un decremento nel tempo dell'efficienza dei moduli dovuta al degrado dei componenti o all'insorgere di problemi di laminazione; sulla base di risultati sperimentali ottenuti da enti europei di ricerca (JRC di Ispra, LEEE-TiSo) si è valutata una perdita della producibilità massima del 10% al ventesimo anno di vita dell'impianto ed una perdita media del 5% nell'arco dei 20 anni di vita dell'impianto, con un'equivalente riduzione dell'energia prodotta.

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 58.136 moduli fotovoltaici di nuova generazione in silicio monocristallino di potenza nominale pari a 470 Wp. Le celle fotovoltaiche di cui si compone ogni modulo sono protette verso l'esterno da un vetro temprato ad altissima trasparenza e da un foglio di tedlar, il tutto incapsulato sotto vuoto ad alta temperatura tra due fogli di EVA (Ethylene / Vinyl / Acetate). La scatola di giunzione, avente grado di protezione IP68, contiene i diodi di by-pass che garantiscono la protezione delle celle dal fenomeno di hot spot.

L'insieme di 26 moduli, collegati tra loro elettricamente, formerà la cosiddetta stringa fotovoltaica; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture di sostegno dei pannelli con cavi esterni graffettati alle stesse. Le strutture di sostegno chiamate comunemente tracker consentono l'installazione di due stringhe fotovoltaiche per un totale di 52 moduli fotovoltaici per struttura. L'insieme di più stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo tra loro, costituisce un sottocampo, per un totale di 10 sottocampi, ciascuno dei quali afferisce ad un inverter. Per ogni sottocampo è prevista l'installazione di alcuni string box, in un numero variabile tra 10 e 14 (in funzione della configurazione elettrica), aventi la funzione di raccogliere la corrente continua in bassa tensione prodotta dalle stringhe e trasmetterla agli inverter, per la conversione da corrente continua a corrente alternata.

3.2.2 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter) e cabine elettriche

Dall'analisi effettuata risultano richieste le seguenti caratteristiche principali:

- conformità alle normative europee di sicurezza;
- disponibilità di informazione di allarme e di misura sul display integrato;
- funzionamento automatico, quindi semplicità d'uso e di installazione;
- sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT integrata;
- elevato rendimento globale;
- massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete incorporato;
- forma d'onda di uscita perfettamente sinusoidale;
- possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati (tipicamente interfaccia seriale RS485).

L'inverter sarà certificato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.

Gli inverter scelti per il presente progetto avranno potenza nominale in c.a. pari a circa 2200 e 3300 kVA. A tal proposito, si fa presente che l'inverter definitivo verrà scelto in funzione delle tecnologie disponibili sul mercato europeo al momento della costruzione, e quindi, poiché la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, si presume che dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione, tali tecnologie potrebbero cambiare; pertanto gli inverter che verranno presi in considerazione saranno ovviamente quelli di ultima generazione.

L'energia in corrente alternata uscente dall'inverter sarà trasmessa al trasformatore per la conversione da bassa a media tensione. Per la precisione saranno utilizzate delle cabine di adeguato grado di protezione che permetteranno l'installazione di tutti i componenti elettrici. Si tratta di cabine prefabbricate che ospiteranno inverter, trasformatore e quadro MT, con relative vasche di fondazione e alloggiamento cavi anch'esse prefabbricate, che saranno posate su un magrone di sottofondazione.

Le principali caratteristiche dei componenti sono le seguenti:

- Quadro MT:
 - Grado di protezione IP per installazione da interno
 - Isolamento in gas sigillato ermeticamente
 - Manutenzione semplice
- Trasformatore MT/BT 30/0,60 kV:
 - Potenza 2110/3345 kVA
 - Raffreddamento tipo ONAN
 - Gruppo di vettoriamento Dy11
 - Grado di protezione IP per installazione da interno
 - Robusto e affidabile
- Inverter:
 - Potenza AC fino a 2200/3300 kVA @25°C
 - Tensione in ingresso lato DC fino a 1500 V
 - 4/6 MPP
 - 36 input lato DC
 - Protezione dei circuiti in ingresso e in uscita
 - Manutenzione ridotta al minimo per ogni condizione climatica
 - Grado di protezione IP per installazione da interno
 - Raffreddamento ad aria forzata
 - Controllo di temperatura e umidità che impedisce la formazione di condensa all'interno
 - Derating di potenza per temperature ambiente maggiori di 50°C
 - Range di temperatura consentita -35 °C ÷ 60 °C
 - Controllo e monitoraggio:
 - Controllo in tempo reale con connessione Wi-Fi
 - Comunicazione in tempo reale
 - Connessione remota
 - Aggiornamento del firmware da remoto
 - Sistema di monitoraggio mediante apposita app.

Di seguito è riportata la specifica tecnica degli inverter scelti:

TECHNICAL CHARACTERISTICS

HEMK 600V

	FRAME 1 FS2000K	FRAME 2 FS3000K
REFERENCE		
OUTPUT		
AC Output Power(kVA/kW) @50°C ^[1]	2000	3000
AC Output Power(kVA/kW) @25°C ^[1]	2200	3300
Max. AC Output Current (A) @25°C	2120	3175
Operating Grid Voltage(VAC) ^[2]	600V ±10%	
Operating Grid Frequency(Hz)	50Hz/60Hz	
Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519	
Power Factor (cosine phi) ^[3]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive Power injection at night	
INPUT		
MPPt @full power (VDC)	849V-1310V	
Maximum DC voltage	1500V	
Number of inputs ^[2]	Up to 36	
Number of MPPts	Up to 4	Up to 6
Max. DC continuous current (A)	2645	3970
Max. DC short circuit current (A)	4000	6000
EFFICIENCY & AUXILIARY SUPPLY		
Max. Efficiency PAC, nom (η)	98.8%	98.8%
Max. Power Consumption (KVA)	8	10
CABINET		
Dimensions [WxDxH] (ft)	9 x 7 x 7	12 x 7 x 7
Dimensions [WxDxH] (m)	2.7 x 2.2 x 2.2	3.7 x 2.2 x 2.2
Type of ventilation	Forced air cooling	
ENVIRONMENT		
Degree of protection	NEMA3R - IP54 / IP65 available	
Permissible Ambient Temperature	-35°C to +60°C / >50°C Active Power derating	
Relative Humidity	4% to 100% non condensing	
Max. Altitude (above sea level)	2000m; >2000m power derating (Max. 4000m)	
Noise level ^[4]	< 79 dBA	
CONTROL INTERFACE		
Interface	Graphic Display	
Communication protocol	Modbus TCP	
Plant Controller Communication	Optional	
Keyed ON/OFF switch	Standard	
PROTECTIONS		
Ground Fault Protection	GFDI and Isolation monitoring device	
General AC Protection	Circuit Breaker	
General DC Protection	Fuses	
Overvoltage Protection	AC, DC Inverter and auxiliary supply type 2	
CERTIFICATIONS		
Safety	UL1741, CSA 22.2 No.107.1-01, UL62109-1, IEC62109-1, IEC62109-2	
Compliance	NEC 2014 / NEC 2017 (optional)	
Utility interconnect	UL 1741SA-Sept.2016, IEEE 1547-2003	

Figura 2: Scheda tecnica inverter

L'energia uscente dalle cabine di conversione e trasformazione sarà convogliata verso le cabine di smistamento. Per quanto riguarda i due maggiori sottocampi sarà effettuato un collegamento ad anello tra le cabine di conversione/trasformazione e le cabine di smistamento. Successivamente da un'unica cabina di smistamento si procederà al collegamento verso la sottostazione MT/AT. Tale cabina sarà realizzata in c.a.v. (cemento armato vibrato) e dotata di vasca di fondazione anch'essa in c.a.v., posata su un magrone di sottofondazione; avrà dimensioni

pari a 11,00 x 3,00 (lung. x larg.) e altezza <3,00 m, e sarà internamente suddivisa nei seguenti tre vani:

- vano quadri MT;
- vano per l'alloggiamento del trasformatore per i servizi ausiliari;
- vano per l'alloggiamento dei quadri BT e del monitoraggio.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I. All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in acciaio zincato del tipo per posa nel terreno e da una piattina in acciaio, interrati ad una profondità di almeno 0,5 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione. Intorno alle cabine di smistamento l'impianto di terra sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi.

L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di un sistema di gestione, controllo e monitoraggio e di servizi ausiliari (impianto di videosorveglianza, impianto di antintrusione, FM e illuminazione cabina di controllo) che saranno installati in apposito vano all'interno della cabina di smistamento.

Per ulteriori dettagli tecnici si faccia riferimento all'elaborato grafico dello schema unifilare.

3.2.3 *Layout impianto*

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà del tipo ad inseguitore solare monoassiale, ossia con pannelli fotovoltaici posizionati su strutture a tracker infissi nel terreno. Attraverso idonee linee interrate i moduli fotovoltaici si congiungeranno alle cabine di conversione e trasformazione.

Per la realizzazione delle strutture di supporto non saranno necessarie opere in calcestruzzo, il che faciliterà enormemente la dismissione dell'impianto a fine vita e ridurrà drasticamente le modificazioni subite dal suolo; inoltre tutte le strutture potranno essere riciclate, successivamente alla loro dismissione, sul mercato del ferro.

L'area a disposizione per l'installazione dell'impianto permette l'installazione dei pannelli fotovoltaici realizzando un layout del generatore fotovoltaico che eviti l'ombreggiamento dei moduli tra file parallele e da parte di ostacoli perimetrici. La superficie disponibile e la struttura portamoduli permette di orientare i pannelli in direzione est-ovest, condizione che massimizza l'energia producibile.

4. OPERE CIVILI

4.1 Regimentazione delle acque meteoriche

Non si rileva necessità di un sistema di regimentazione delle acque, in quanto la superficie dell'impianto fotovoltaico sarà quasi totalmente permeabile. Le strutture portamoduli saranno tali da non ostacolare il normale deflusso delle acque superficiali, e le cabine creeranno solo un impedimento minimo. Le strade saranno realizzate in materiale inerte drenante, per cui sarà garantito il normale scorrimento delle acque superficiali.

Qualora necessario, sarà prevista la realizzazione di un sistema di regimentazione delle acque meteoriche lungo le strade e attorno le cabine per far fronte ad eventi meteorici di significativa importanza, a cui le proprietà drenanti della viabilità interna non riescono a far fronte. Tale sistema di regimentazione sarà costituito da cunette realizzate effettuando uno scavo a sezione ristretta rivestito con geotessuto e riempito con stabilizzato di piccola pezzatura.

4.2 Strutture portamoduli

Come anticipato nei precedenti paragrafi, la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà ad inseguitore solare monoassiale, o tracker.

Si tratta di una struttura a pali infissi, completamente adattabile alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile.

In via generale le strutture fotovoltaiche avranno le seguenti caratteristiche:

- Sistema di Rotazione: ad asse singolo orizzontale;
- Angolo di Rotazione: $\pm 50^\circ/60^\circ$;
- Caratteristiche del suolo:
 - o Pendenza Nord-Sud: 17%
 - o Pendenza Est-Ovest: illimitata
 - o Rapporto di copertura: 28-50%;
- Fondazioni: Pali infissi, Fissaggio a terra, Plinti in c.a..

Nello specifico, quella scelta per il progetto in oggetto, da 52 moduli disposti verticalmente su due file, avrà dimensioni pari a 27,81 x 4,39 m (lung. x largh.) ed altezza variabile, in funzione della rotazione, tra 2,50 m e 4,90 m.

I pali di supporto alla struttura saranno infissi direttamente nel terreno; in fase esecutiva potrebbero essere scelte fondazioni in calcestruzzo se necessarie.



Figura 3: Struttura portamoduli

4.3 Viabilità esterna

L'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica di cui alla presente relazione tecnico-descrittiva, risulta ben servito dalla viabilità pubblica principale, trovandosi circondata dalle seguenti strade:

- a nord la Strada Provinciale 64, distante circa 2 km;
- a est la Strada Provinciale 109, distante circa 2 km;
- a sud la Strada Provinciale 107, distante circa 1 km;
- a ovest la Strada Provinciale 144, che corre per un tratto adiacente all'area di impianto.

Da ognuna delle strade suddette si accede direttamente a varie strade interpoderali dalle quali l'impianto è facilmente raggiungibile. Pertanto, non sarà necessario realizzare nuove strade all'esterno dell'impianto fotovoltaico.

4.4 Esecuzione degli Scavi

Saranno eseguite due tipologie di scavi: gli scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione delle cabine elettriche, e della viabilità interna; e gli scavi a sezione ristretta per la realizzazione dei cavidotti BT ed MT.

Entrambe le tipologie saranno eseguite con mezzi meccanici o, qualora particolari condizioni lo richiedano, a mano, evitando scoscendimenti e franamenti e, per gli scavi dei cavidotti, evitando che le acque scorrenti sulla superficie del terreno si riversino nei cavi.

In particolare: gli scavi per la realizzazione della fondazione delle cabine si estenderanno fino ad una profondità di 0,75 m; quelli per la realizzazione dei cavidotti avranno una profondità massima di 1,50 m; infine quelli per la realizzazione della viabilità interna saranno eseguiti mediante scotico del terreno fino alla profondità di ca. 40 cm.

Il rinterro dei cavidotti, a seguito della posa degli stessi, che deve avvenire su un letto di sabbia su fondo perfettamente spianato e privo di sassi e spuntoni di roccia, sarà eseguito per strati successivi di circa 30 cm accuratamente costipati.

Lo strato terminale di riempimento degli scavi eseguiti sulla viabilità, invece, sarà realizzato con il medesimo pacchetto stradale descritto al capitolo 2.3.

4.5 Recinzione perimetrale e cancello

Il sito della centrale sarà dotato di recinzione in rete metallica galvanizzata e da un cancello carrabile.

La rete metallica di altezza pari a ca. 2,00 mt, è stata scelta al fine di ridurre gli impatti; sarà fissata al terreno con pali verticali di supporto, a sezione circolare, distanti gli uni dagli altri 2,5 m con eventuali plinti cilindrici. Nel caso in cui la geologia del terreno non permetta l'infissione dei pali si utilizzeranno dei plinti in caccetrizzo. Sarà, inoltre, posta in opera, nelle zone dove l'impianto risulta visibile da infrastrutture e fabbricati, anche in disuso e in completo stato di abbandono, una fascia arborea autoctona di mitigazione.

Il cancello d'ingresso, a doppia anta a battente di larghezza pari a 5 m, idoneo al passaggio dei mezzi pesanti, sarà realizzato in acciaio zincato, sorretto da pilastri in scatolare metallico, a loro volta fissati ad una apposita struttura di sostegno in cemento armato.

4.6 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio

La circolazione dei mezzi all'interno dell'area sarà garantita dalla presenza di una apposita viabilità per la cui esecuzione sarà effettuato uno sbancamento di 40 cm, ed il successivo riempimento con un pacchetto stradale così formato:

- un primo strato, di spessore pari a 20 cm, realizzato con massicciata di pietrame di pezzatura variabile tra 4 e 7 cm;
- un secondo strato, di spessore pari a 15 cm, realizzato con pietrisco di pezzatura variabile tra 2,5 e 3 cm;
- un terzo strato, di livellamento, di spessore pari a 5 cm realizzato con stabilizzato.

Tale viabilità sarà realizzata lungo tutto il perimetro, e dove necessario anche all'interno dei campi, per una larghezza di 6 m, e attorno alle cabine per garantire la fruibilità ad esse.

4.7 Cavidotti

Per la realizzazione dei cavidotti, saranno eseguiti scavi di profondità variabile tra 0,60 m e 1,50 m, e di larghezza variabile in funzione dei cavidotti da porre in opera. Per la loro esecuzione si procederà con le seguenti fasi:

- scavo;
- allettamento in sabbia;
- posa dei cavi;
- riempimento con sabbia;

- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, setacciato se necessario;
- posa dei cavidotti per cavi dati;
- riempimento con sabbia;
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, setacciato se necessario, con posa della banda di segnalamento;
- eventuale ripristino della pavimentazione stradale nel caso di attraversamenti di strade asfaltate e brecciate.

I cavi saranno direttamente interrati tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC o PEAD. Le eventuali tubazioni saranno a loro volta rinfiancate con sabbia (o terra vagliata) e lo scavo sarà riempito con materiale di risulta. Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

5. OPERE DI ELETTRIFICAZIONE

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE. Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

5.1 Elettrodotti MT

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione sarà trasferita in elettrodotto MT interrato al punto di consegna.

L'elettrodotto si comporrà delle seguenti sezioni fondamentali:

- collegamenti a 30 kV tra le cabine di conversione e trasformazione e tra queste e le cabine di smistamento MT;
- collegamento a 30 kV del campo fotovoltaico (cabina di smistamento CSM2) alla sottostazione elettrica MT/AT.

Per il collegamento tra le cabine di conversione e trasformazione si prevede la realizzazione di linee MT costituite da collegamenti sia tipo entra-esce che in anello. Per maggiori dettagli far riferimento agli elaborati allegati.

5.1.1 Cavi

Dovranno essere impiegate terne di cavi disposti a trifoglio, tipo **ARG16H1R18 18/30 kV** (qualora disponibili sul mercato prima dell'esecuzione dell'impianto)¹ altrimenti tipo **ARG7H1R 18/30 kV** o similare di sezioni pari a 95 mm², 240 mm², 400 mm² e 630 mm² per il collegamento tra le varie cabine di conversione/trasformazione e tra le cabine di conversione/trasformazione e le cabine di smistamento, (vedere lo schema unifilare).

Il conduttore sarà in alluminio a corda rotonda compatta di alluminio e tra il conduttore e l'isolante in mescola in elastomero termoplastico (qualità HEPR), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà fatta mediante fili di rame rosso con nastro di rame in contospirale. La guaina sarà costituita da una mescola a base di PVC di colore rosso.

In fase di installazione sarà prevista la posa all'interno del proprio scavo del tegolino di protezione.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

La scelta dell'alluminio come materiale conduttore del cavo è stata determinata dalla più ampia reperibilità sul mercato e dal più basso costo, ma soprattutto da considerazioni di sicurezza tipicamente legate ad eventi locali. Infatti, l'esperienza in altri cantieri ha evidenziato l'improponibilità dell'utilizzo di cavi in rame a causa dei ripetuti furti e danneggiamenti subiti dai cavi in fase di posa che hanno reso estremamente difficoltoso il normale svolgimento della costruzione degli elettrodotti.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando:

- le correnti di impiego determinate dalla potenza effettiva, che equivale alla potenza nominale ridotta del 15% per tener conto della effettiva potenza massima che i moduli FV riescono a produrre (a valle delle perdite nella conversione), per evitare un sovradimensionamento dei cavi;
- le portate dei cavi per la tipologia di posa (norma CEI 20-21) e per la tipologia di carico ciclico giornaliero (CEI 20-42/1);
- il contenimento delle perdite di linea.

Per i calcoli preliminari di dimensionamento delle linee MT si veda la relazione specialistica allegata al progetto.

¹ **D.lgs n 106 del 16/06/2017.**

5.1.2 *Temperatura di posa*

Durante le operazioni di installazione dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono essere piegati o raddrizzati, la temperatura non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

5.1.3 *Prova di isolamento*

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le norme CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

5.1.4 *Giunzioni e terminazioni MT*

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale retraibile. Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea, come da specifiche dei quadri MT.

5.1.5 *Tubazioni*

In casi particolari e secondo la necessità la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, di colore rosso, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza all'urto.

5.2 *Impianti di sicurezza*

Gli impianti di videosorveglianza ed antintrusione saranno installati lungo il perimetro dell'area della centrale fotovoltaica, garantendo la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

I dispositivi di videosorveglianza saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (telecamere fisse, dome, apparecchiatura di videoregistrazione, ecc.).

I dispositivi di antintrusione saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (contatti reed, barriere a infrarossi, sensori a microonde, ecc.).

Gli impianti suddetti verranno alimentati dallo scomparto dedicato ai servizi ausiliari presente nella cabina di smistamento o da una cabina di conversione e trasformazione.



5.3 Cabina di smistamento

Le cabine MT di smistamento saranno realizzate all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico. Saranno conformi alla norma CEI 0-16 ed avranno dimensioni approssimative esterne di 11,00 x 3,00 (lung. x larg.) con altezza <3,00 m; si comporrà di tre locali, in particolare:

- vano quadri MT;
- vano per l'alloggiamento del trasformatore per i servizi ausiliari;
- vano per l'alloggiamento dei quadri BT e per il monitoraggio.

Le cabine saranno prefabbricate, realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.), complete di vasca di fondazione con funzione portacavi del medesimo materiale, posate su un magrone di sottofondazione in cemento.

5.3.1 Descrizione delle apparecchiature MT

La cabina è progettata in modo da prevedere che sia l'entrata che l'uscita dei cavi di rete MT avvenga in sotterraneo.

Il quadro MT di protezione e controllo sarà principalmente costituito da massimo 6 celle (alcune potrebbero essere accorpate in fase esecutiva) con le seguenti funzioni principali:

- celle arrivo e protezione linea dal campo fotovoltaico;
- cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- cella uscita verso punto di consegna.

Le singole celle saranno equipaggiate secondo quanto indicato nello schema unifilare, con i seguenti componenti:

- TV (trasformatori di tensione) per protezione e misura,
- TA (trasformatori di corrente) per protezione e misura,
- interruttori tripolari
- protezioni a microprocessore secondo le norme CEI 0-16 e requisiti del Distributore
- sezionatori tripolari (eventualmente con fusibili)
- sezionatori di terra
- spie di presenza tensione
- scaricatori di sovratensione
- morsetti per terminali cavi.

5.3.2 Protezione lato MT

La cabina sarà dotata di interruttore automatico MT per la linea di vettoriamento, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.



5.3.3 *Locale controllo e monitoraggio*

All'interno della cabina di smistamento del campo fotovoltaico in oggetto, sarà presente un locale di controllo e monitoraggio nel quale saranno installati i seguenti dispositivi:

- Workstation;
- Armadio rack per il monitoraggio;
- Quadri elettrici BT;

Il quadro elettrico BT fornirà la forza motrice e l'illuminazione a servizio dell'impianto fotovoltaico e sarà alimentato dal trasformatore dei servizi ausiliari presente in cabina.

6. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

6.1 *Misure di protezione generale*

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione. A protezione dai contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I.

La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP65 minimo.

La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

R_t è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse

I_d è la corrente di 1° guasto

50 V è il valore di tensione verso massa.

L'impianto sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame e da piattine di acciaio, a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi.

6.2 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito del generatore quindi non supera il valore della somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza dell'inverter.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

6.4 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceramico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.



6.5 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogha limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

L'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

6.6 Impianto di messa a terra

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in acciaio zincato del tipo per posa nel terreno e da una piattina in acciaio 30x3,5 mm (sez. 105 mm²), interrati ad una profondità di almeno 0,5 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione.

L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete MT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra.

L'impianto di terra delle cabine di conversione e trasformazione e di smistamento sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,7 m e picchetti in acciaio zincato di lunghezza 1,5 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione anche maggiore.
